

複合成膜により成膜された低屈折率 MgF_2 光学薄膜 (Ⅱ)

Low Refractive Index MgF_2 Optical Thin Films by Sputtering and Electron Beam Evaporation (Ⅱ)

東海大院工¹, (株)シンクロン² ○都野 義樹¹, 室谷 裕志¹, 松本 繁治²

Grad. Sch. of Eng., Tokai Univ.¹, SHINCRON Co., Ltd.²

○Yoshiki Tsuno¹, Naoya Tajima², Hiroshi Murotani¹, Shigeharu Matsumoto³

E-mail: murotani@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp

1. 背景・目的

フッ化マグネシウム (MgF_2) は、機械的特性と熱衝撃性に優れた材料である。また、光学的特性として透過帯域が 150nm の深紫外から 7 μm の赤外領域まで有する。 MgF_2 膜は窓材、プリズム、レンズなどの反射防止膜に用いられている。先行研究では、複合成膜手法¹⁾を用いて SiO_2 光学薄膜の成膜をすることで屈折率が低くなることが報告されている²⁾。 MgF_2 の屈折率は一般的に 1.38 であるが、本研究では、複合成膜手法を用いて、一般的なものよりも屈折率が低く、機械的特性の優れた MgF_2 膜を作製することを目的とした。

2. 実験方法

複合成膜手法を用いて N-BK7(SCHOTT 社製)光学ガラス基板上に低屈折率の MgF_2 光学薄膜の成膜を行った。複合成膜装置の概念図を Fig.1 に示す。本実験で用いた複合成膜装置は EB 法とスパッタリング法を同一真空領域内で行うことができる。

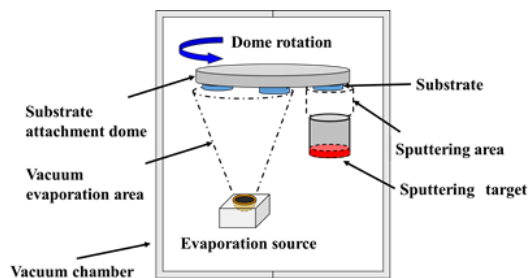


Fig. 1 Schematic diagram of the combination coating equipment.

複合成膜手法ではドームを常に回転させ、スパッタリング法による成膜と EB 法による成膜を同時に行った。この時 EB 法では、蒸着材料に MgF_2 (メルク社製)を用い、出力 25mA で条件を統一した。スパッタリング法ではターゲットに Si を用い、Ar を 160sccm, O_2 を 1sccm 導入し、スパッタの出力を変化させて成膜を行った。成膜時の基板温度は 200℃で統一した。紫外から近赤外線までの分光特性は分光光度計(V-670, 日本分光社製)で測定を行った。膜の屈折率は分光透過スペクトルより算出した。X 線光電子分光法(アルバック・ファイ社製:Quantum2000)を用いて膜の組成の分析を行った。光学薄膜の密着性をクロスハッチ試験(ISO9211-4)によって評価した。

3. 結果及び考察

成膜した膜の屈折率を Table 1 に示す。Table 1 より、スパッタ出力が低くなるほど膜の屈折率が下がることが確認できる。スパッタリングの成膜粒子は高エネルギー

を持っており、スパッタ出力が低いほど膜密度が低下し、屈折率が低下したと考えられる。複合成膜手法によって成膜された最も屈折率の低い MgF_2 光学薄膜は 1.33 を示した。XPS の結果を Fig.2 に示す。スパッタ出力が大きいほど O が増加し、F が減少していることが確認できる。このことから、スパッタ出力が大きいと成膜粒子は高エネルギーを持っているため MgF_2 が分解を起こし、 MgO 膜を形成したことが考えられる。また、Si は検出されなかった。検出されなかった理由として、Si のスパッタの成膜レートは EB 蒸着の成膜レートに比べ 100 分の 1 以下のため膜中の濃度が低かったためだと考えられる。クロスハッチ試験の結果スパッタ出力が 0W の時には膜剥がれが生じ、それ以外では膜剥がれが生じなかった。

Table 1 Refractive index of the optical thin films

	EB power (mA)	Sputtering power (W)	Refractive index ($\lambda=550\text{ nm}$)
Combination coating	25	400	1.43
		200	1.36
		100	1.34
		50	1.34
		0	1.33

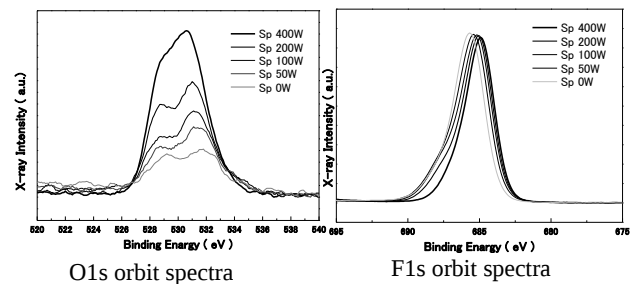


Fig. 2 Bonding state of the films by XPS

4. 結論

複合成膜装置を用いることで、屈折率 1.34 の機械的強度の高い MgF_2 光学薄膜を作製することができた。

謝辞

成膜に協力して頂いたファインクリスタル株式会社の清野氏、買手氏に感謝致します。測定に協力して頂いた東海大学研究推進部技術共同管理室の宮本氏、森川氏に感謝致します。

参考文献

- 1) 学校法人東海大学, ファインクリスタル株式会社, 株式会社シンクロン, 成膜方法, 特許第 5901571 号, 2016-03-18.
- 2) N. Tajima, H. Murotani, S. Matsumoto, H. Honda: "Stress Control of an Optical Thin Film by Sputtering and electron beam evaporation", Appl. Opt., 56, 131-135 (2017).